

(19) BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

(12) Patentschrift
(10) DE 44 01 608 C 1

(21) Aktenzeichen: P 44 01 608.5-43
(22) Anmeldetag: 20. 1. 94
(43) Offenlegungstag: —
(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 27. 7. 95

(51) Int. Cl.⁶: 34
C 09 J 9/00
C 09 J 163/00
C 09 J 11/04
H 01 B 3/10
H 01 B 3/12
H 01 B 3/40
// H 01 L 21/58, 23/34,
H 05 K 7/20

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

(73) Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
Arz, Winfried, Dipl.-Ing. (FH), 90559 Burgthann, DE;
Ideler, Karl-Heinz, Dipl.-Ing. (FH), 91080 Spardorf,
DE; Dlugosch, Dieter, 91560 Heilsbronn, DE

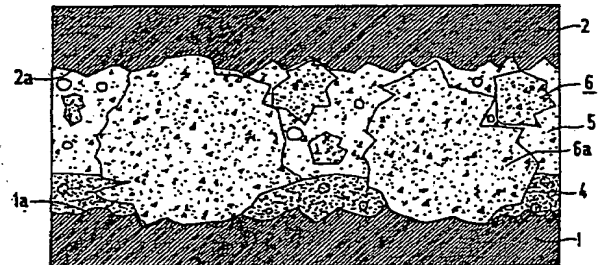
(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:

DE 39 39 628 A1
DE 39 39 627 A1
EP 05 61 048 A2

JP 2-286768 A - In: Patents Abstracts of Japan, Sect.
C, Vol. 15 (1991), Nr. 60 (C-805);
JP 3-273080 A - In: Patents Abstracts of Japan, Sect.
C, Vol. 16 (1992), Nr. 86 (C-916);

(54) Thermisch leitende, elektrisch isolierende Klebeverbindung, Verfahren zu deren Herstellung und deren
Verwendung

- (57) Die Klebeverbindung weist folgende Merkmale auf:
- a) Auf mindestens eine Werkstückoberfläche (1a) ist eine elektrisch isolierende Basisschicht (4) aus ungefülltem Klebstoff aufgetragen.
 - b) Auf mindestens eine Werkstückoberfläche (1a) ist ein mit einem elektrisch isolierenden, aber thermisch gut leitenden Pulver (6) gefüllter Klebstoff (5) aufgetragen.
 - c) Körner (6a) des Pulvers durchstoßen die Basisschicht (4) und die Dicke der Klebeverbindung entspricht im wesentlichen der Größe der Körner (6a).



DE 44 01 608 C 1

BEST AVAILABLE COPY

DE 44 01 608 C 1

Die Erfindung betrifft eine thermisch leitende, elektrisch isolierende Klebeverbindung sowie ein Verfahren zu deren Herstellung und deren Verwendung.

Derartige Klebeverbindungen werden z. B. in der Leistungselektronik benötigt. So bietet die Verklebung von Leistungshalbleitern mit Kühlkörpern fertigungstechnisch große Vorteile, sie stellt jedoch — je nach Betriebsspannung und Verlustleistung des jeweiligen Leistungshalbleiters — hohe Ansprüche an die elektrische Spannungsfestigkeit und die Wärmeleitfähigkeit der Klebeverbindung. Ferner muß die Klebestelle auch bei höheren Betriebstemperaturen mechanisch zuverlässig sein.

Klebeverfahren für elektrische Bauteile sind aus verschiedenen Druckschriften bekannt. So ist z. B. in der DE-A1-33 18 729 eine Anordnung zur elektrisch isolierenden Montage eines Halbleiterbauelements auf einem Kühlkörper mit einer Isolationsschicht angegeben, bei dem zwischen Kühlkörper und dem elektrischen Anschluß des Bauelements ein aus Aluminiumoxidfasern und einem elektrisch isolierenden Kleber bestehendes Laminat angeordnet ist. Als Kleber kann dabei ein anorganischer Kleber mit Al_2O_3 -Keramikpulver verwendet werden.

Aus der DE-A1-30 32 744 ist eine elektrisch isolierende Unterlage mit hoher Wärmeleitfähigkeit speziell für elektronische Bauteile beschrieben, bei der auf einer Metallplatte ein isolierender Film mit einer Dispersion von Metalloxydteilchen aufgebracht ist. Diese Anordnung dürfte nur eine geringe Spannungsfestigkeit aufweisen.

In der EP-A1-0 182 280 ist ein Füllstoff auf der Basis von mit Kunststoff vernetztem Metallpulver für die Herstellung von Pulvermassen angegeben, wobei in möglichst dichter Packung Metallkörner mit einer durch Vernetzen hergestellten Kunststoffumhüllung vorhanden sind. Damit soll eine elektrische Isolation mit gleichzeitiger Wärmeableitung realisiert sein.

Aus der DE-B-12 13 500 ist eine gut wärmeleitende Isolierfolie mit Füllstoff als Unterlage für Transistoren oder andere Bauteile bekannt, bei der die Füllstoffkörner auch als Abstandselemente dienen sollen.

In der DE-A1-38 17 400 wird zur Isolation von Bauelementen ein wärmeleitender, elektrisch isolierender Kleber vorgeschlagen, dessen Grundmaterial ein hoher Anteil mindestens eines gut wärmeleitenden Füllstoffes und ein Anteil eines festen Zusatzstoffes, der aus einer Vielzahl mindestens annähernd gleich großer Teile besteht, beigemischt ist.

Keiner dieser bekannten Isoliermaterialien genügt jedoch den Anforderungen, wie sie für Klebeverbindungen in der Leistungselektronik, insbesondere in höheren Spannungs- und Verlustleistungsbereichen gestellt werden. Aufgabe der Erfindung ist es daher, eine Klebeverbindung und Verfahren zu deren Herstellung so auszugestalten, daß die Klebeverbindung sowohl eine hohe Spannungsfestigkeit als auch eine hohe mechanische Zuverlässigkeit auch bei höheren Betriebstemperaturen aufweist. Ferner soll die Klebeverbindung in einer vorteilhaften Art verwendet werden.

Diese Aufgabe wird durch eine Klebeverbindung nach Anspruch 1 bzw. durch ein Verfahren zur Herstellung einer derartigen Klebeverbindung nach Anspruch 8 und durch eine Verwendung der Klebeverbindung nach Anspruch 12 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung wird nachfolgend anhand der Fig. 1 und 2 näher erläutert. Dabei zeigt:

Fig. 1 eine Anordnung mit auf ein Kühlrohr aufgeklebten Halbleiterbauelementen,

Fig. 2 zeigt eine stark vergrößerte Schnittzeichnung der Klebeverbindung im Bereich D nach Fig. 1.

In dem dargestellten Ausführungsbeispiel werden Leistungshalbleiter 3 durch einen Wasserkühler 1 gekühlt, der im wesentlichen aus einem Rohr mit rechteckigem Querschnitt besteht. Die Verlustwärme der Leistungshalbleiter 3 wird über Plättchen 2 auf den Wasserkühler 1 abgeleitet. Beschrieben ist hier die Klebeverbindung zwischen dem Plättchen 2 und dem Wasserkühler 1, die gut isoliert sein muß, da die Plättchen 2 auf Betriebsspannung liegen.

Das Kühlrohr 1 wird zumindest im Bereich der Klebestellen vorbehandelt, insbesondere dessen Oberfläche geglättet, damit nicht bei zu großer Oberflächenrauigkeit Spitzen in die Klebeschicht hineinragen und die Spannungsfestigkeit verschlechtert. Anschließend wird zumindest auf die Klebestellen oder der Einfachheit halber auf die gesamte Rohroberfläche eine Basisschicht 4 aufgetragen. Dabei hat ein Überzug der gesamten Rohroberfläche mit der Basisschicht den Vorteil, daß das gesamte Kühlrohr 1 vor spannungsführenden benachbarten Teilen geschützt wird.

Die Basisschicht 4 wird durch ein Epoxidharz erzeugt, dessen Viskosität durch eine genau dosierte Zugabe eines Thixotropiermittels eingestellt wird. Dabei muß die Konsistenz dieser Mischung derart beschaffen sein, daß auch die höchsten Spitzen, die aus der vorbehandelten Oberflächenschicht herausragen, vollständig eingeschlossen werden. Die Geschlossenheit dieser Basisschicht kann z. B. mit einer Überschlagsprüfung kontrolliert werden. Falls eine einzige derartige Schicht nicht ausreicht, alle Oberflächenspitzen einzuschließen, können auch zwei Schichten niedrigerer Viskosität aufgetragen werden. Diese Alternative bietet zwei Vorteile: Zum einen verbleiben in der dünnflüssigeren Kleberschicht weniger Luftblasen geringerer Größe und ferner ist es unwahrscheinlich, daß zwei Luftblasen gerade übereinander zu liegen kommen und damit die Isolationsfähigkeit der Schicht beeinträchtigen. Um Luftblasen zu vermeiden, können während des Bearbeitungsprozesses mehrere Evakuierungsvorgänge durchgeführt werden, z. B. nach Zugabe des Thixotropiermittels, nach Zugabe eines Härteranteils in das Epoxidharz sowie nach dem Auftrag der Basisschicht auf das Kühlrohr.

Nach Auftragen der Basisschicht wird diese in einem Ofen etwas ausgehärtet. Damit soll die Basisschicht unempfindlich gegen Verletzungen und Störungen werden, die beim nachfolgenden Klebeprozess noch eingeschleppt werden können. Andererseits soll die Basisschicht so weich bleiben, daß sich härtere Partikel unter Anpreßkraft in die Basisschicht 4 eindrücken können. Da der ungefüllte Klebstoff der Basisschicht 4 eine schlechte Wärmeleitung aufweist, wird diese so dünn wie möglich gehalten. Andererseits kann die Basisschicht 4 so dimensioniert werden, daß sie auch ohne die noch aufzutragende zusätzliche Kleberschicht die volle für die Anordnung geforderte Spannungsfestigkeit aufweist. Bei einer gemittelten Rauhtiefe der zu verklebenden Werkstoffoberflächen von $R_z = 15$ bis $25 \mu\text{m}$ und bei einer geforderten Spannungsfestigkeit von $2,5 \text{ KV}$ dürfte im allgemeinen eine Schichtdicke der Basisschicht 4 von 40 bis $50 \mu\text{m}$ ausreichen.

Anschließend wird eine zweite Kleberschicht 5 als

Wärmeleitschicht aufgebracht. Diese Schicht besteht ebenfalls aus einem Epoxidharz, dessen Basiskomponenten (Harz und Härter) dieselben sind wie in der Basisschicht. Allerdings wird hier durch Zumischen eines Keramikpulvers, in diesem Fall Aluminiumoxid, der Wärmeleitwert des Klebers wesentlich verbessert. Während der ungefüllte Kleber der Basisschicht typischerweise einen Wärmeleitwert von 0,3 W/mK hat, weist der gefüllte Kleber 5 einen Wärmeleitwert von 1,3 W/mK auf.

Der mit Aluminiumoxidpulver gefüllte Kleber 5 wird direkt auf das zweite Bauteil, nämlich das Plättchen 2 dosiert aufgetragen. Anschließend wird das Plättchen 2 mit dem gefüllten Kleber 5 an den vorgesehenen Stellen auf das Kühlrohr aufgepreßt.

Eine Besonderheit des Klebprozesses liegt darin, daß die Schichtdicke der Klebeverbindung im wesentlichen durch die Korngröße des Aluminiumoxidpulvers bestimmt wird. Da sich das extrem harte Aluminiumoxid auch unter höchstem Druck kaum verformen läßt, definieren bei den hier vorliegenden dünnen Klebeschichten immer die größten Körner den Abstand zwischen den zu verklebenden Werkstücken. Kleinere Körner, die sich auch in dem Aluminiumoxidpulver befinden, füllen die Zwischenräume zwischen den großen Körnern aus. Es kann z. B. ein Aluminiumoxidpulver mit einem Korndurchmesser von bis zu 120 µm verwendet werden.

Aufgrund einer hohen Anpreßkraft werden die Aluminiumoxidkörner 6a in die noch relativ weiche Basisschicht 4 eingedrückt und stehen somit weitgehend in direktem Kontakt zur Oberfläche des Werkstückes 1. Über die Keramikkörner erhält man somit einen guten Wärme fluß zwischen den Werkstücken 1 und 2. Beim Zusammenpressen der Bauteile stellt sich der durch die Korngröße des Aluminiumoxidpulvers vorgegebene Abstand von selbst ein.

Die Klebeverbindung kann schließlich in einem Ofen ausgehärtet werden.

Mit dieser Technik ist sowohl eine hohe Spannungs festigkeit als auch eine gute Wärmeleitfähigkeit erzielbar. Auch der Fertigungsprozeß ist relativ einfach und unkritisch. Der Wärmewiderstand kann durch die Wahl der Korngröße des Aluminiumoxidpulvers relativ genau eingestellt werden, wobei mit zunehmender Korngröße natürlich die Spannungs festigkeit wächst, aber der Wärmeübergangswert ab einer bestimmten Korngröße zunimmt. Der gefüllte Kleber kann allerdings nur unvollkommen evakuiert werden und damit besteht die Gefahr, daß Lufteinschlüsse die Spannungs festigkeit verringern. Vorteilhafterweise ist daher die volle Spannungs festigkeit bereits durch die besser evakuierbare Basisschicht 4 aus ungefülltem Kleber gesichert, während der gefüllte Klebstoff 5 für gute Wärmeabfuhr sorgt. Aufgrund der oben beschriebenen Eigenschaften ist diese Verklebung auch bei Leistungshalbleitern mit hohen Betriebsspannungen und Verlustleistungen geeignet.

Patentansprüche

1. Klebeverbindung zwischen zwei Werkstücken (1, 2) mit folgenden Merkmalen:

- a) Auf mindestens eine Werkstückoberfläche (1a) ist eine elektrisch isolierende Basisschicht (4) aus ungefülltem Klebstoff aufgetragen.
- b) Auf mindestens eine Werkstückoberfläche (2a) oder Basisschicht (4) ist ein elektrisch iso-

lierender Klebstoff (5) aufgetragen, dem ein elektrisch isolierendes, aber thermisch gut leitendes Pulver (6) beigelegt ist.

c) Körner (6a) des Pulvers (6) durchstoßen die Basisschicht (4), und die Dicke der Klebeverbindung entspricht im wesentlichen der Größe der größten Körner (6a).

2. Klebeverbindung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Basisschicht (4) und der Klebstoff (5) Epoxydharze sind.

3. Klebeverbindung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Pulver (6) ein Keramikpulver ist.

4. Klebeverbindung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß das Pulver (6) ein Al_2O_3 -Pulver ist.

5. Klebeverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Korngröße des Pulvers (6) bis zu 120 µm beträgt.

6. Klebeverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Dicke der Basisschicht 40 bis 50 µm beträgt.

7. Klebeverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Basisschicht (4) allein die volle für die Klebeverbindung geforderte Spannungs festigkeit aufweist.

8. Verfahren zur Herstellung einer Klebeverbindung zwischen zwei Werkstücken (1, 2) mit folgenden Schritten:

a) Auf mindestens eine Werkstückoberfläche (1a) wird als Basisschicht (4) ein ungefüllter Klebstoff aufgetragen, der alle Spitzen, die aus der Werkstückoberfläche (1a) herausragen, einschließt.

b) Der ungefüllte Klebstoff (4) wird soweit vorgehärtet, daß er bei entsprechendem Druck noch durch Körner durchstoßen werden kann.

c) Auf die Basisschicht (4) oder eine noch unbeschichtete Werkstückoberfläche (2a) wird ein elektrisch isolierender Klebstoff (5) aufgetragen, dem ein elektrisch isolierendes, aber thermisch gut leitendes Pulver (6) beigelegt ist.

d) Die beiden Werkstücke (1, 2) werden derart verpreßt, daß Körner (6a) des Pulvers (6) in die Basisschicht (4) eindringen und die Dicke der Klebeverbindung im wesentlichen dem Durchmesser der größten Körner (6a) entspricht.

e) Die gesamte Klebeverbindung wird ausgehärtet.

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Basisschicht (4) aus zwei dünnen Schichten aufgebaut wird.

10. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß in Schritt a) die Viskosität des Klebstoffes durch Zugabe eines Thixotropiermittels geeignet eingestellt wird.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 8 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß nach jedem Kleberauftrag ein Evakuierungsvorgang durchgeführt wird.

12. Verwendung einer Klebeverbindung nach einem der Ansprüche 1 bis 8 zur Verklebung eines Leistungshalbleiters (3) mit einem Kühlelement (1).

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

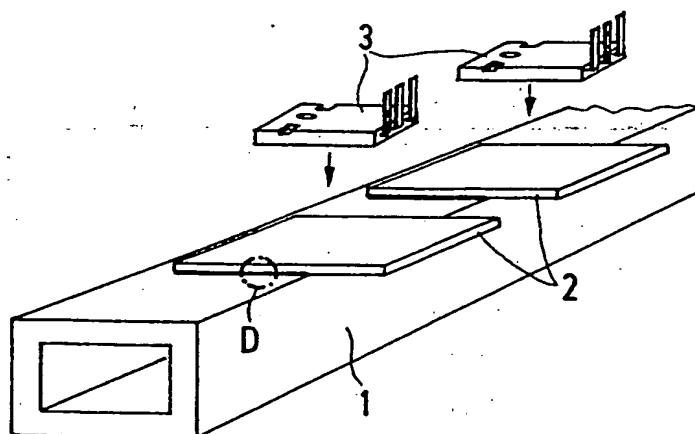


FIG 1

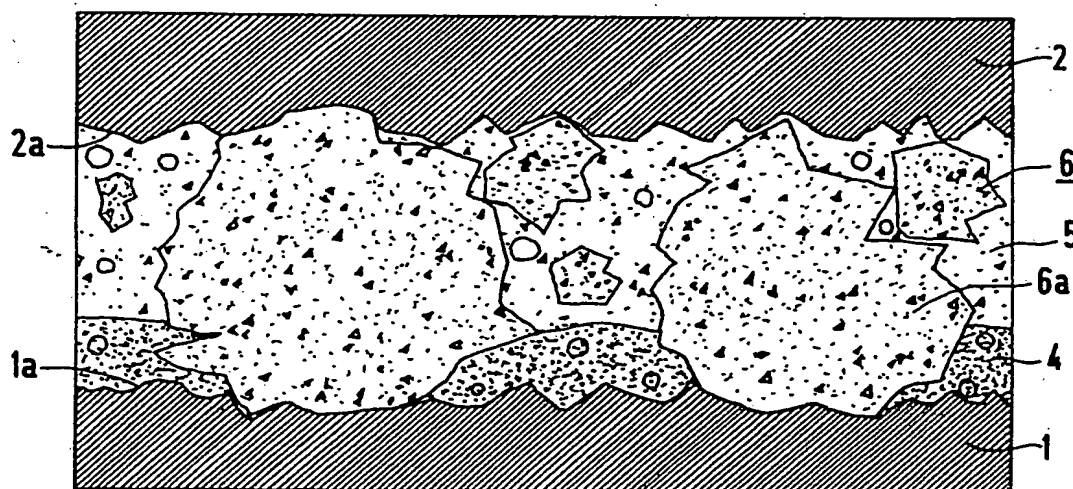


FIG 2

BEST AVAILABLE COPY